



# **UNIVERSITA' DI PISA**

**FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI**

**E FACOLTA' DI AGRARIA**

**Corso di Laurea Interfacoltà**

**In**

**Scienze Ambientali**

**TESI DI LAUREA IN FORMA ELETTRONICA**

**(<http://etd.adm.unipi.it/ETD-db/ETD-search/search>)**

**(etd-05102004-112307)**

**Relazioni idrochimiche tra acque di  
scorrimento superficiale e acque sotterranee  
nella valle del fiume Cecina nel tratto tra  
Radicondoli e Ponteginori**

**RELATORE:**

**Dott. Massimo Guidi**

**CANDIDATO:**

**Federica Meringolo**

# INDICE

## INTRODUZIONE

## CAPITOLO 1: INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

1.1 Geomorfologia della Val di Cecina	1
1.2 Caratteri geologici	4
1.2.1 Complesso antico	6
2.2.1.1 La successione Toscana	6
2.2.1.2 La successione Ligure	7
1.2.2 Il complesso Neogenico	7
1.2.3 I depositi quaternari	8
1.3 Litologia	8
1.3.1 Rocce incoerenti o scarsamente cementate	9
1.3.2 Rocce Pseudocoerenti	10
1.3.3 Rocce semicoerenti	11
1.3.4 Rocce coerenti	12
1.4 Caratteristiche di coesione e di permeabilità delle rocce	13
1.4.1 Coesione	13
1.4.2 Permeabilità	14
1.4.2.1 Rocce molto permeabili per fessurazione e carsismo	14
1.4.2.2 Rocce limitatamente permeabili per fessurazione	15
1.4.2.3 Rocce permeabili per porosità	15
1.4.2.4 Rocce impermeabili	16
1.5 Idrologia stratigrafica	16
1.6 Caratteristiche dell'area in studio	18

## CAPITOLO 2: COPERTURA DEL SUOLO

2.1 Introduzione	24
2.2 Principali sistemi per l'osservazione della Terra	28
2.2.1 Sistemi satellitari	28
2.2.2 Landsat	29
2.2.3 Thematic Mapper- Enhanced Thematic Mapper plus	30
2.3 Uso del suolo e pianificazione	32
2.3.1 Land use e land cover	32
2.4 Lavorazione dell'immagine per la copertura del suolo	33
2.4.1 Premessa	33
2.4.2 Descrizione della metodologia di lavoro	34
2.5 Conclusione	46

## CAPITOLO 3: VALUTAZIONE DELLA PRESSIONE ANTROPICA

3.1 Introduzione	47
3.2 Il fiume Cecina	47

3.3 Fonti di inquinamento	48
3.4 Calcolo inquinamento presunto	52
3.5 Carichi organici potenziali	53
3.6 Carichi trofici	60
3.7 Stima del carico trofico totale	69
3.8 Prelievi idrici	71
3.9 Conclusioni	72

## **CAPITOLO 4: LE MISURE DI PORTATA**

4.1 Altezza idrometrica e precipitazioni	73
4.2 Strumentazione e metodologia	74

## **CAPITOLO 5: CAMPIONAMENTO ED ANALISI DELLE ACQUE**

5.1 Introduzione	76
5.2 Metodo di campionamento	76
5.3 Determinazione dei parametri in campagna	78
5.3.1 Alcalinità	79
5.3.2 Conducibilità	80
5.3.3 Ph	81
5.3.4 Temperatura	81
5.3.5 Ossigeno disciolto	82
5.4 Analisi delle acque	88
5.4.1 Calcio, magnesio, sodio e potassio	89
5.4.2 Cloruri (con il metodo potenziometrico)	90
5.4.3 Anioni (cromatografia ionica)	90
5.4.4 Ammoniaca e boro	91
5.4.5 Mercurio e arsenico con sistemi ad idruri	92
5.4.6 C.O.D. (chemical oxygen demand)	93

## **CAPITOLO 6: CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE**

6.1 Introduzione	98
6.2 Qualità analitica	98
6.3 Classificazione chimica delle acque	105
6.3.1 Premessa	105
6.3.2 I diagrammi LL e diagrammi binari	109
6.4 Sezione di Langelier – Ludwig	116
6.5 Variazioni temporali	120
6.6 Diagrammi binari per valutare il carico antropico	123
6.7 Conclusioni	125

## **CAPITOLO 7: ANALISI DELLE COMPONENTI PRINCIPALI**

7.1 Premessa	126
7.2 Analisi in componenti principali	126
7.3 Modelli statistici	128
7.4 Classificazione	138

7.4.1 Diagrammi binari di componenti principali	140
7.4.1.1 Diagrammi binari per le prime due campagne	141
7.4.1.2 Diagrammi binari per la terza campagna	142
7.5 Conclusioni	144

## **CAPITOLO 8: MISCELAZIONE TRA FIUME E FALDA E VARIAZIONI TEMPORALI**

8.1 Introduzione	145
8.2 Il campo pozzi di Piretta	147
8.2.1 Prima campagna	147
8.2.2 Seconda campagna	152
8.2.3 Terza campagna	153
8.3 Pozzi Eti ed Altair	154
8.4 Pozzi della Cacciattina	156
8.4.1 Pozzi Cacciattina nella terza campagna dalla sezione 13 alla sezione 15	157
8.4.2 Pozzo Cacciattina 19 nella terza campagna	161
8.5 Conclusioni	162

## **CAPITOLO 9: BORO E MERCURIO NELLE ACQUE**

9.1 Premessa	165
9.2 Caratteristiche del Boro, Mercurio e Arsenico	165
9.2.1 Boro	165
9.2.2 Mercurio	166
9.3 Fonti dell'origine del Boro nel bacino del fiume Cecina	167
9.3.1 Cenni storici	167
9.3.2 Descrizione dei risultati analitici	168
9.4 Fonti di origine del Mercurio nel bacino del fiume Cecina	170
9.4.1 Breve descrizione del processo con celle ad amalgama	170
9.4.2 Valutazione delle perdite di mercurio	171
9.4.3 Descrizione dei risultati analitici	172
9.5 Conclusioni	176

## **CAPITOLO 10: ISOTOPI: OSSIGENO, IDROGENO E BORO**

10.1 Variazioni di composizione isotopica dell'acqua associate ai processi naturali	178
10.2 Determinazione dell'ossigeno 18 e del deuterio	180
10.3 Variazioni della composizione isotopica delle acque	181
10.4 Isotopi del boro	184
10.4.1 Introduzione	184
10.4.2 Composizione isotopica del boro	185
10.4.3 Metodo di determinazione degli isotopi del boro	187
10.4.4 Descrizione risultati analitici	188
10.5 Conclusioni	190

## **CAPITOLO 11: STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE**

11.1 Introduzione	192
11.2 Acque superficiali	192
11.3 Acque sotterranee	199
11.4 Confronto temporale dati analitici	205
11.5 Conclusioni	208

## **CONCLUSIONI**

## **RINGRAZIAMENTI**

## **BIBLIOGRAFIA**